



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

Pairs trading

Refinar a Estratégia

Trabalho Final na modalidade de Dissertação
apresentado à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de mestre em Finanças

por

Nuno Miguel Leite Amorim Ramos

sob orientação de
Professor Doutor Paulo Alves

Católica Porto Business School
Novembro 2018

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, com enorme sinceridade, a todas as pessoas que me acompanharam e apoiaram ao longo do meu percurso académico.

Assim, quero agradecer em particular à minha família que sempre me acompanhou neste percurso e que se revelou o meu maior suporte.

As pessoas mais próximas, amigos e colegas de trabalho, pela compreensão, companheirismo, força e apoio.

Gostaria de agradecer ao Professor Paulo Alves por toda a sua orientação e suporte constante durante o desenvolvimento desta tese.

Resumo

No presente trabalho é aplicada a estratégia de arbitragem *pairs trading* para o período compreendido entre janeiro de 2008 e dezembro de 2017, utilizando o conjunto de ações do índice S&P 500. A estratégia apresentou um retorno semestral médio de 6,69% e um retorno total de 133,83%. A estratégia apresentou melhores desempenhos em contexto de crise, nomeadamente no período que incluiu a crise do *subprime*.

O trabalho destaca-se pela inclusão de algumas alterações à estratégia, com o objetivo de simular a estratégia de forma mais aproximada de uma aplicação real.

Neste sentido, foi implementada a utilização dos preços *bid* e *ask*, em detrimento dos preços diários de fecho, uma vez que os preços *bid* e *ask* são os utilizados em contexto de transação no mercado e, conseqüentemente, a sua não utilização poderá enviesar positivamente a rentabilidade da estratégia.

Adicionalmente, a introdução dos preços *bid* e *ask*, em detrimento dos preços diários de fecho, possibilitou a simulação da estratégia com a abertura e fecho das posições com as cotações reais verificadas no dia em que os preços normalizados efetivamente cruzaram. Ao contrário da implementação de Gatev et al. (2006) e Papadakis & Wysocki (2007), deixa de ser necessário aguardar um dia para abrir e fechar as posições, o que poderá também influenciar a rentabilidade da estratégia num contexto de aplicação real.

Palavras-chave: Arbitragem; *Closeness*; *Pairs trading*.

Abstract

This paper applies the arbitrage strategy known as *pairs trading*, for the period comprised between January 2008 and December 2017, using stocks listed in the S&P 500. The strategy obtained an average 6-month excess return of 6.69% and a total return of 133.83%. The strategy proved to perform better in trouble economic environments, like the period that included the subprime crisis.

This study stands out by including some add-ons to the strategy, aiming to simulate the strategy as similar as possible to a real application of the strategy.

In this sense, it was used bid and ask quotes, instead of the daily close prices, since bid and ask quotes are those used in the real market and, therefore, their non-use may positively bias strategy's performance.

In addition, the introduction of bid and ask quotes instead of daily close prices, allowed to simulate the strategy opening and closing positions with the actual prices observed on the day that normalized prices crossed. Thus, unlike the implementation by Gatev et al. (2006) and Papadakis & Wysocki (2007), it is no longer need to wait a day to open and close positions, which may bias strategy's performance in a real application.

Keywords: Arbitragem; Closeness; Pairs trading.

Índice

Introdução.....	1
Capítulo 1 - Revisão da Literatura	5
1. <i>Efficient Markets Hypothesis</i> e Lei do Preço Único.....	5
2. A Estratégia <i>Pairs Trading</i>	9
2.1 Revisão de Estratégias Desenvolvidas	9
Capítulo 2 - Metodologia	17
1. Definição da Estratégia	17
2. Formação dos Pares de Ações.....	18
3. Cálculo da Medida <i>Closeness</i>	19
4. <i>Triggers</i>	21
5. Cálculo do Retorno da Posição	23
6. Introdução dos Preços <i>Bid</i> e <i>Ask</i>	23
Capítulo 3 - Análise dos Dados	25
1. Análise Descritiva.....	25
1.1 Análise Geral dos Resultados da Estratégia.....	25
1.2 Análise dos Resultados Detalhados da Estratégia	27
2. Neutralidade da Estratégia Face ao Mercado.....	31
Capítulo 4 - Discussão e Conclusão	33
Bibliografia.....	36

Índice de Figuras

Figura 1 – Criação dos períodos de formação e de <i>trading</i>	19
Figura 2 – Evolução dos retornos do par 1 no período de formação 1	20
Figura 3 – Simulação do período de <i>trading</i> par 1	22
Figura 4 – Evolução da rentabilidade da estratégia e do S&P 500	32

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Distribuição das empresas da amostra.....	18
Tabela 2 – Resultados da aplicação da estratégia	26
Tabela 3 – Resultados detalhados da aplicação da estratégia.....	28
Tabela 4 – Resultados detalhados por momento de fecho das transações	30

Introdução

Ao longo dos últimos anos, muitas estratégias têm sido desenvolvidas por instituições financeiras de forma a gerar retornos económicos estáveis e, ao mesmo tempo, reduzir o risco associado à estratégia. A estratégia de arbitragem estatística *Pairs trading* constitui um exemplo destes desenvolvimentos, sendo uma estratégia desenhada para gerar retornos quando ocorrem ineficiências no mercado.

O desenvolvimento e introdução da estratégia de *Pairs trading* nos mercados financeiros é atribuído a Nunzio Tartaglia e à sua equipa de matemáticos, físicos e informáticos, enquanto colaboradores da Morgan Stanley, na década de 80. Com o objetivo de identificar oportunidades de arbitragem nos mercados financeiros, esta equipa utilizou métodos estatísticos sofisticados para desenvolver sistemas de *trading* avançados, que permitissem automatizar entradas e saídas do mercado, aproveitando a ocorrência de ineficiências do mercado. A estratégia de *pairs trading* desenvolvida pela equipa de Tartaglia constituiu algo inovador para a época e, rapidamente, passou a ser adotada e a ser uma estratégia comum em *hedge funds* (Gatev et al. 2006) e instituições financeiras.

A estratégia consiste na identificação de pares de ações que são monitorizadas durante um período de tempo e, se determinadas condições forem verificadas, são transacionadas. O objetivo da estratégia passa por obter retornos através dos períodos de divergência e posterior convergência entre preços de ações que,

tendencialmente, se moveram em conjunto num período de *trading*. O racional subjacente é o de que, apesar de por vezes os preços das ações, cujos preços se moveram historicamente em conjunto, se distanciarem, tendencialmente voltam a aproximar-se.

Para duas ações serem consideradas como par devem ser verificadas duas condições: 1) padrão de variação de preço diário semelhante num determinado período de tempo; e 2) exposição a risco sistemático idêntico durante o período de *trading* (transação).¹

A estratégia de *pairs trading* inicia com a monitorização de todas as combinações possíveis de pares de ações durante um período de 12 meses (período de formação) e posterior seleção dos pares que tiverem maior correlação de variação no preço. De seguida, os pares selecionados são acompanhados durante um período de 6 meses (período de *trading*) e, quando a divergência entre os preços das ações do par for superior a um determinado valor, é aberta uma posição longa na ação com preço relativo mais baixo e uma posição curta na outra ação (com preço relativo mais elevado). A estratégia assume que os preços normalizados irão convergir, tendo em consideração a sua correlação estatística histórica. Por fim, a posição é fechada quando os preços normalizados das ações do par voltarem a cruzar ou quando o período de *trading* terminar.

A estratégia de *pairs trading* não centra a sua análise na determinação do preço correto de uma ação uma vez que, em detrimento de utilizar valores absolutos, utiliza preços relativos (estratégia de investimento de valor relativo). Assim, se duas ações são similares, têm características e comportamento idênticos, assume-se que as suas variações nos preços devem ser as mesmas ou, pelo menos, idênticas.

¹ O risco sistemático é o risco que afeta todo o mercado, não podendo ser diversificado. Por outro lado, o risco não-sistemático – risco intrínseco a uma empresa ou sector - pode ser mitigado.

O presente trabalho visa também analisar o comportamento da estratégia de *pairs trading* numa envolvente económica desfavorável, o qual está abrangido na análise dos períodos compreendidos entre 2008 a 2009 onde se desencadeou a crise do *subprime*. Tendo em consideração que a estratégia se baseia na proximidade do comportamento dos preços de pares de ações, admitimos ser interessante avaliar como se comporta em situação de instabilidade de mercado prolongada.

Na fase inicial deste trabalho é explorado o enquadramento desta estratégia na *Efficient Markets Hypothesis*, aprofundado o estudo da sua neutralidade relativamente ao mercado, são analisados os resultados obtidos em alguns trabalhos de investigação desenvolvidos relacionados, bem como identificadas as limitações da estratégia.

Posteriormente, é simulada a estratégia de *pairs trading* desenhada por Gatev et al. (2006), com a inclusão de algumas alterações com o objetivo de testar a estratégia de uma forma mais aproximada da realidade do funcionamento dos mercados.

Por fim, é realizada uma análise detalhada dos resultados obtidos com a simulação da nossa estratégia e são apresentadas as limitações e as conclusões do trabalho.

Capítulo 1

Revisão da Literatura

1. *Efficient Markets Hypothesis* e Lei do Preço Único

De acordo com a *Efficient Markets Hypothesis* na sua forma forte (Fama, 1970), num mercado eficiente os preços das ações refletem toda a informação disponível sobre estas e, como tal, todos os intervenientes do mercado (investidores e empresas) têm acesso à mesma informação verdadeira e transparente de suporte às suas decisões de alocação de recursos. Para além da versão forte que considera que os preços dos ativos refletem toda a informação monopolística dos investidores, Fama (1970) define ainda mais duas versões de eficiência. A versão semiforte considera que os preços das ações refletem toda a informação pública disponível e que, instantaneamente, ajustam-se de forma a refletir nova informação pública. Por fim, a versão fraca define que os preços dos ativos refletem toda a informação pública disponível.

Neste sentido, o princípio subjacente à *Efficient Markets Hypothesis* é de que num mercado eficiente, os preços das ações reagem à chegada de informação. Seguindo este racional, podemos concluir que retornos adicionais sistemáticos se traduzem numa violação deste princípio. A impossibilidade de obter retornos superiores ao mercado de forma consistente deriva do facto de, de acordo com esta teoria, os preços de mercado apenas reagirem a nova informação.

Por outro lado, a *Efficient Markets Hypothesis* assume que todos os investidores interpretam toda a informação disponível da mesma forma. No entanto, a existência dos diversos métodos para a realização da análise e avaliação dos ativos coloca em causa a validade desta teoria. A título de exemplo, se um investidor procurar oportunidades de identificar ativos subavaliados enquanto que outro investidor avalia a mesma ação com base no seu potencial de crescimento, estes investidores chegam a diferentes avaliações do preço de mercado “justo” da ação. Assim, a partir do momento que existem investidores que avaliam ações de forma distinta, não é possível determinar qual deverá ser o preço de uma ação num mercado eficiente.

Diferentes analistas financeiros utilizam metodologias na análise de ativos e no suporte à tomada de decisão, nomeadamente a análise fundamental e a análise técnica. A análise fundamental envolve a análise das demonstrações financeiras das empresas de forma a determinar o valor do seu negócio. Por outro lado, a análise técnica envolve a análise estatística dos movimentos dos preços históricos de uma ação, de forma a estabelecer uma relação entre estes e os seus preços futuros. O facto de a disciplina das Finanças reconhecer a utilidade destas análises e de muitos investidores considerarem que estas metodologias concernem robustez à avaliação de uma ação, coloca em causa a validade da *Efficient Markets Hypothesis* na realidade dos mercados.

O desafio da *Efficient Markets Hypothesis* foi, por exemplo, levantado por Robert Shiller em 1981, quando defendeu que os preços das ações podem ser previstos (propondo assim que o mercado é ineficiente). A hipótese de o mercado não ser eficiente é também reconhecida na atribuição do Prémio Nobel da Economia em 2013, relativo a trabalhos desenvolvidos sobre análises empíricas dos preços dos ativos. Este Prémio foi partilhado entre Eugene F. Fama, Robert Shiller e Lars Hansen, sendo que, conforme referido anteriormente, Fama e Shiller partilham visões distintas sobre a temática da eficiência dos mercados.

Paralelamente à *Efficient Markets Hypothesis*, existe outro conceito económico importante no âmbito do presente trabalho, nomeadamente a Lei do Preço Único. A aplicação deste conceito aos mercados financeiros implica que uma ação deve ter o mesmo preço em diferentes mercados. Caso contrário, existem oportunidades de arbitragem através da compra da ação com menor preço num determinado mercado e da venda da mesma ação noutra mercado (onde o seu preço é superior).

De acordo com a Lei do Preço Único, dois ativos com o mesmo valor e fatores de risco iguais, devem apresentar uma relação estável do seu preço relativo (Gatev et al., 2006). Mais uma vez, caso esta condição não se verifique, existe uma oportunidade de arbitragem que deve ser explorada.

Nos últimos anos, têm sido desenvolvidas muitas estratégias pelas instituições financeiras que permitam aumentar os resultados (lucro) e, em simultâneo, diminuir o risco inerente. A estratégia de *pairs trading* é um exemplo destes desenvolvimentos, atribuído a Nunzio Tartaglia quando trabalhava na Morgan Stanley. Tartaglia começou a aplicar esta estratégia em 1987, que rapidamente foi adotada por outros gestores de fundos de investimento (Gatev et al. 2006) e instituições financeiras.

A estratégia de *pairs trading* apresentada por Gatev et al. (2006) argumenta que, num mercado eficiente, se dois ativos financeiros exibem variações de preços históricos idênticos, então as variações dos seus preços atuais deverão também ser idênticos. Assim, quando os preços dos ativos apresentam uma variação relativa superior à sua variação histórica, verifica-se uma ineficiência de mercado e uma violação da Lei do Preço Único, o que se traduz numa oportunidade de arbitragem para a aplicação da estratégia de *pairs trading*.

Neste sentido, Gatev et al. (2006) consideram que os retornos obtidos através da estratégia de *pairs trading* resultam do aproveitamento de oportunidades de arbitragem e, como tal, numa compensação que os arbitragistas obtêm por

fazerem cumprir a Lei do Preço Único e procurarem garantir a eficiência do mercado. Assim, se os mercados de capitais fossem sempre eficientes, os retornos obtidos a partir da estratégia de *pairs trading* não deveriam ser positivos (Gatev et al. 2006).

Esta estratégia procura explorar o princípio de que se dois ativos financeiros, nomeadamente ações, têm o mesmo valor e fatores de risco iguais, o seu valor relativo deve seguir uma relação estável. Neste sentido, a estratégia de *pairs trading* procura identificar exceções à Lei do Preço Único.

O princípio subjacente à estratégia significa que o risco sistemático dos ativos financeiros é semelhante e que se a relação entre a variação dos seus preços se mantiver estável no tempo, então uma posição longa e curta nos ativos deveria produzir um portfólio de risco e retorno igual a zero.

Por outro lado, se o valor e os fatores de risco dos dois ativos se mantiverem semelhantes, mas a relação do seu preço relativo não se mantiver estável, então a diferença relativa deverá ser explorada quando é suficientemente grande para cobrir os riscos e custos envolvidos. Nestas situações, é esperado que o diferencial reverta aos valores históricos quando os participantes do mercado perceberem a discrepância. Assim, a estratégia consistiria em comprar o ativo com descida do preço relativo (mais “barato”), vender o ativo com aumento do seu preço relativo (mais “caro”) e aguardar pela convergência no preço relativo para fechar a posição.

2. A Estratégia *Pairs Trading*

2.1 Revisão de Estratégias Desenvolvidas

Embora a estratégia de *pairs trading* seja utilizada atualmente por diferentes fundos de investimento e instituições financeiras, esta estratégia não se encontra ainda muito explorada a nível académico.

Na literatura académica destacam-se dois estudos realizados sobre a estratégia de *pairs trading*, nomeadamente (i) “*Pairs trading: Performance of a Relative-Value Arbitrage Rule*” (Gatev et al., 2006), e (ii) “*Pairs trading and Accounting Information*” (Papadakis & Wysocki, 2007).

A estratégia de *pairs trading* foi introduzida no mundo académico por Gatev et al. (2006).

A estratégia apresentada por Gatev et al. (2006) é implementada em duas fases, nomeadamente o período de formação e o período de *trading*. O período de formação tem uma extensão de 12 meses e é o período onde ocorre a formação dos pares de ações, enquanto que o período de *trading* tem uma extensão de 6 meses e é o período onde ocorre o *trading* dos pares formados (no período de formação).

Gatev et al. (2006) utilizaram os preços diários das ações norte americanas do CRSP para o período de 1962 a 2002, adicionando a condição relativa à garantia da liquidez das ações através da exclusão das ações com algum dia sem *trading*.

Papadakis & Wysocki (2007) seguiram exatamente a mesma metodologia adotada por Gatev et al, com exceção das datas relativas ao período de análise, tendo sido estudado o período entre 1981 e 2006.

Posteriormente, em Gatev et al. (2006) a formação dos pares foi realizada através da combinação, em pares, de todas as ações consideradas após a adição da restrição ao nível da liquidez, utilizando os retornos normalizados (incluindo dividendos) no cálculo da variável *closeness*. Esta variável é determinada através

do cálculo da soma do quadrado das diferenças diárias entre os retornos de cada ação do par. Para cada período de formação foram selecionados, entre todas as combinações de pares possíveis, os pares top 5 e top 20 com menor distância entre os retornos (menor *closeness*).

Em Papadakis & Wysocki (2007), a metodologia adotada para a determinação dos pares foi diferente da referida anteriormente. No seu estudo, os investigadores separaram as ações em quantis, tendo em consideração o retorno da ação nos 12 meses do período de formação. Posteriormente, em cada quartil, os investigadores voltaram a separar as ações em quantis, tendo em consideração o retorno da ação nos 6 meses iniciais do período de formação. Através desta metodologia, alcançaram 25 grupos de ações com perfil de retorno a 6 e 12 meses idênticos.

Apesar da técnica adotada por Gatev et al. (2006) envolver o cálculo da variável *closeness* para a totalidade dos pares de ações possíveis (incluindo os pares de ações com reduzida relação, e consequentemente com um valor de *closeness* elevado, esta metodologia parece ser mais simples e rápida de executar do que a metodologia adotada por Papadakis & Wysocki (2007).

Gatev et al. (2006) selecionaram para cada período de formação os pares de ações top 5 e top 20 com menor distância mínima entre os retornos (*closeness*) e iniciaram o *trading* dos pares de ações no dia seguinte ao ultimo dia do período de formação (início do período de *trading*).

Os pares de ações foram determinados no período de formação constituído por 250 dias úteis (equivalente a um ano de *trading*). Neste período os pares foram determinados através de combinações com todas as ações existentes na amostra, sendo que o número de combinações possível é dado pela seguinte fórmula:

$$\frac{n!}{r! * (n - r)!}$$

onde “n” representa o número de empresas existentes na amostra e “r” representa o número de empresas que se pretende combinar de cada vez. Nesta estratégia, o “r” será sempre igual a 2 dado que o objetivo é o de encontrar pares de ações.

Se os preços de dois ativos no par seguem uma relação linear para todo o período de formação, então a medida *closeness* será 0. Esta medida é proposta como uma aproximação para a semelhança dos ativos.

Após o cálculo da medida *closeness* para todas as possibilidades de combinações de pares, são selecionados os pares top 5 e top 20 com menor medida *closeness* (retornos históricos mais próximos), e é iniciado o período de 6 meses de *trading* (equivalente a 125 dias de *trading*). Neste período os pares são monitorizados e se a diferença entre os retornos dos top 20 pares de ações for superior a 2 desvios-padrão históricos (calculados no período de formação), então uma posição longa e curta é aberta.

Contudo, apesar de Gatev et al. (2006) terem utilizado retornos normalizados na implementação da estratégia no período de formação, os investigadores utilizaram os preços diários de fecho para calcular os ganhos/perdas no período de *trading*. Assim, nas simulações de entrada e saída do mercado foi utilizado o mesmo preço – preço diário de fecho – o que não tem aderência face ao que se verifica na realidade dos mercados. De facto, perante uma ordem de compra está a utilizar-se um preço aproximado à cotação *bid* da ação e perante uma ordem de venda está a utilizar-se um preço aproximado à cotação *ask* da ação. Este problema será tanto maior quando maior for o diferencial entre as cotações *ask* e *bid* das ações, o que significa que estas que estão afastadas do preço de fecho.

Inicialmente, Gatev et al. (2006) reconheceram que os retornos da estratégia estavam enviesados devido a divergências entre cotações *bid* e *ask*. De forma a resolver este problema, os investigadores simularam as entradas e saídas do mercado um dia após os pares começarem a divergir e a voltarem a cruzar,

respetivamente. Conforme seria de esperar, esta alteração na metodologia resultou numa diminuição dos retornos médios da estratégia entre 20 e 55 pontos-base.

No presente trabalho, de forma a estudar a aplicabilidade da estratégia numa maior aderência à realidade dos mercados, são utilizadas as reais cotações *ask* e *bid* das ações no cálculo da rentabilidade da estratégia no período de *trading*.

No entanto, as cotações *bid* e *ask* utilizadas são, também, cotações diárias de fecho, o que na prática significa que não seria possível utilizar essas cotações para abrir ou fechar posições porque essas são as últimas cotações que o mercado apresenta para cada dia específico. A análise do *trigger* para iniciar a posição de *trading* foi realizada tendo em consideração as cotações de fecho do dia. Admitindo esta limitação, e de forma a testar a estratégia da forma mais aproximada possível à realidade, foi assumido que a abertura e fecho de posições foram feitas no dia a seguir ao que seria suposto, com as cotações *bid* e *ask* de fecho verificadas no dia anterior.

Uma forma de resolver a limitação da utilização das cotações *bid* e *ask* de fecho diárias, seria utilizar cotações de hora em hora ou de períodos de tempo ainda mais curtos. Neste caso seria possível simular as transações no mercado no momento exato em que se verificam as condições de entrada e saída do mercado (momento do *trigger*), como se verificaria com a aplicação da estratégia na realidade. Infelizmente, tal não foi possível simular dado que a base de dados *Datastream* da Thomson Reuters apenas permite o acesso a preços intradiários para um período limitado de tempo (últimos 3 meses).

Ainda no que diz respeito à periodicidade dos preços, Miao (2014) estudou a viabilidade de uma estratégia de *pairs trading* em que observou preços de 15 em 15 minutos, tendo obtido retornos excessivos de 34,35% num ano. No entanto, não é possível comparar os resultados da estratégia proposta com os de Miao

(2014), uma vez que o autor utilizou outras ferramentas para a seleção dos pares de ações, como a correlação e a cointegração.

Relativamente a este tópico, Papadakis & Wysocki (2007) utilizaram a mesma estratégia de Gatev et al. (2006) e, como tal, enfrentaram o mesmo problema relacionado com os preços diários.

Assim, tendo em consideração o exposto, é possível afirmar que no presente trabalho são introduzidas duas melhorias à estratégia. Uma das melhorias visa evitar o problema da utilização dos preços diários de fecho. Esta limitação será resolvida com a utilização das cotações *ask* e *bid* na replicação da estratégia. Adicionalmente, não será adiada a entrada e saída do mercado. Nestas circunstâncias, é possível contornar o enviesamento da análise da informação relativa ao diferencial existente entre as cotações reais de entrada e saída do mercado (fronteira *ask/bid*).

No estudo de Gatev et al. (2006), os investigadores referem que a estratégia de *pairs trading* apresenta melhores resultados em tempos de crise para ações norte americanas. Neste particular, descobriram que quando o mercado de ações norte americana sofre um declínio, a estratégia de *pairs trading* apresenta melhor desempenho do que noutros períodos. Por outro lado, quando o mercado de ações norte americano apresentou melhores resultados no período da amostra (década de 1990), a estratégia de *pairs trading* apresentou resultados praticamente insignificantes. Com esta evidência, os investigadores afirmaram que a estratégia de *pairs trading* poderá simplesmente ser mais lucrativa em períodos em que o mercado de ações apresenta pior desempenho.

Este ponto será também interessante de analisar no presente trabalho de investigação. Conforme mencionado anteriormente, a estratégia de *pairs trading* foi testada num período económico que inclui a crise do *subprime*. Assim, o ponto levantado por Gatev et al. (2006) será crítico no presente estudo, nomeadamente através da análise do desempenho da estratégia nestes períodos em particular.

Gatev et al. (2006) aplicaram a estratégia para o período compreendido entre 1962 e 2002 e obtiveram um retorno anualizado médio de 11% para o portfólio de pares de ações. Adicionalmente, uma das principais conclusões do trabalho foi de que a robustez dos retornos sugere que os lucros da estratégia de *pairs trading* deriva da diferença de preços temporária de substitutos próximos/relacionados.

Relativamente ao estudo de Papadakis & Wysocki (2007), os investigadores calcularam os resultados através da aplicação da mesma estratégia de *pairs trading* apresentada por Gatev et al. (2006) mas com a utilização de um período temporal diferente, nomeadamente compreendido entre 1981 e 2006). Os investigadores obtiveram um retorno médio mensal excessivo de 0,62%. Comparando com a rentabilidade obtida de 0,895% por Gatev et al. (2006), a diferença negativa do retorno é justificada pelos autores com a inclusão de períodos mais recentes na análise. Papadakis & Wysocki (2007) procuraram adicionar melhorias à estratégia inicial proposta por Gatev et al. (2006) e, como tal, analisaram o impacto de eventos de informação contabilística – anúncios de resultados e previsões de resultados de analistas – no desempenho da estratégia. Assim, os autores descobriram que os pares de ações que são abertos após eventos contabilísticos são menos lucrativos do que os pares de ações abertos num ambiente não condicionado. Esta análise sugere que os eventos contabilísticos alteram a relação entre ações que formam o par, afetando a sua relação histórica e a sua rentabilidade. Após obterem estes resultados, os investigadores investigaram transações que fechassem nas mesmas situações – após anúncios de resultados e previsões de resultados de analistas – e procuraram encontrar formas de obter mais rendimentos. Neste sentido, os investigadores procuraram atrasar o fecho da posição após a ocorrência de um grande anúncio contabilístico, mesmo que os preços das ações do par tenham cruzado. O atraso no fecho foi justificado pelo facto de assumirem que o cruzamento dos preços se

deveu à ocorrência dos eventos contabilísticos. Com a aplicação desta nova estratégia, os investigadores obtiveram aumento dos retornos face à estratégia proposta por Gatev et al. (2006). Assim, é possível concluir que o atraso do fecho da posição na ocorrência de eventos contabilísticos aumenta o retorno da estratégia *pairs trading*.

Engelberg, Gao e Jangannatan (2009) também testaram este racional e concluíram que a ocorrência de eventos informativos (para além de eventos contabilísticos), como por exemplo notícias, reduzem a rentabilidade da estratégia de *pairs trading*. O princípio subjacente a esta ideia é de que os pares estão expostos a choques idiossincráticos e se um destes choques afeta um dos ativos, então a relação expectável entre os ativos é alterada e o racional subjacente ao *trading* do par deixa de existir (assim como a sua rentabilidade). Este risco não pode ser evitado quando o par está aberto, podendo apenas ser evitado através da monitorização do par antes da abertura da posição.

Adicionalmente, concluíram que notícias que afetam apenas um dos ativos diminuem a rentabilidade da estratégia e notícias que afetam ambos os ativos aumentam a rentabilidade da estratégia. Os investigadores argumentam que o aumento da rentabilidade poderá ser explicado por diferenças na velocidade com que a informação é incorporada pelos intervenientes do mercado.

Adicionalmente, Do e Faff (2011) aprofundaram a análise dos retornos e testaram a robustez dos retornos da estratégia de *pairs trading* perante a aplicação/adição de custos de transação, nomeadamente comissões e custos de vendas, para o período compreendido entre 1963 e 2011. Conforme expectável, de acordo com os resultados apresentados, a adição de custos de transação à estratégia proposta por Gatev et al. (2006) diminui os resultados da estratégia, embora se tenha mantido lucrativa neste período. Conforme mencionado por Gatev et al. (2006), Do e Faff (2011) concluíram também que a estratégia de *pairs trading* apresenta melhores resultados em períodos de crise.

Andrade et al. (2005) aplicaram também a estratégia proposta por Gatev et al. (2006), utilizando a bolsa de ações de Taiwan. A estratégia aplicada a este mercado no período compreendido entre 1994 e 2002 apresentou um retorno anual de 10,18%.

Capítulo 2

Metodologia

1. Definição da Estratégia

Para implementar a estratégia de *pairs trading* no presente trabalho foi escolhido o índice de ações norte americano S&P 500. A razão da escolha deste índice deve-se ao facto de a maioria dos estudos realizados sobre esta estratégia se realizar com ações norte americanas e ser objetivo deste estudo melhorar a estratégia, nomeadamente com a aplicação de cotações *ask* e *bid* em detrimento das cotações de fecho das ações. Assim, o objetivo passa por analisar os resultados obtidos e testar a aplicação da estratégia nos mesmo mercados, mas com diferentes variáveis.

O estudo centrou-se num período de análise de 10 anos, iniciado em janeiro de 2007 e terminado em dezembro de 2017. Os dados foram obtidos através da base de dados Datastream, tendo sido criada uma amostra com todas as empresas cotadas no S&P 500 no período acima referido. Da amostra selecionada foram retiradas as empresas para as quais a base de dados Datastream não possuía dados para as variáveis (i) retorno diário ajustado, (ii) preço *ask*, e/ou (iii) preço *bid* para o período selecionado. Uma vez que este índice é constituído pelas ações mais liquidas do mundo, não foram aplicados filtros resultantes de restrições de liquidez. A amostra final foi assim constituída por 559 empresas, conforme listadas na tabela abaixo:

Setor	Número de empresas	%
<i>Basic Materials</i>	24	4,29%
<i>Consumer Goods</i>	57	10,2%
<i>Consumer Services</i>	76	13,6%
<i>Financials</i>	102	18,25%
<i>Healthcare</i>	61	10,91%
<i>Industrials</i>	92	16,46%
<i>Oil & Gas</i>	37	6,62%
<i>Technology</i>	67	11,99%
<i>Telecommunications</i>	7	1,25%
<i>Utilities</i>	36	6,44%

Tabela 1 – Distribuição das empresas da amostra

2. Formação dos Pares de Ações

A formação dos pares ocorre no período de formação, o qual foi iniciado a cada 6 meses. Seguindo esta metodologia em vez de iniciar um período de formação a cada ano civil, deixa de ser necessário esperar 6 meses em cada ano para iniciar um período de formação. Assim, serão obtidos 20 períodos de formação em vez de apenas 10 períodos e, conseqüentemente, é possível aumentar a base da análise. O período de formação é constituído por 250 dias úteis (o equivalente a um ano de *trading*), onde todas as combinações possíveis de pares são formadas. Após o período de formação segue-se um período de 6 meses de *trading*, constituído por 125 dias úteis.

A figura seguinte ilustra a criação de cada período de formação e de *trading*:

Jan - Jun 2007	Jul - Dez 2007	Jan - Jun 2008	Jul - Dez 2008	Jan - Jun 2009	Jul - Dez 2009
Período de Formação 1		Período de Trading 1			
	Período de Formação 2	Período de Trading 2			
		Período de Formação 3	Período de Trading 3		
			Período de Formação 4	Período de Trading 4	

Figura 1 – Criação dos períodos de formação e de *trading*

Seguindo esta metodologia, foram calculadas todas as combinações de pares possíveis, aplicando apenas uma restrição: não repetir as combinações de pares que já tinham sido criadas. Neste sentido, se for determinado o par de empresas AB, não é necessário determinar o par BA.

Assim, foram determinadas todas as combinações de pares de ações possíveis, sem repetir nenhuma delas, aplicando a fórmula anteriormente apresentada.

3. Cálculo da medida *Closeness*

No cálculo da medida *closeness* (distância mínima), foi seguida, uma vez mais, a metodologia proposta por Gatev et al. (2006), em que, inicialmente, os retornos (incluindo dividendos reinvestidos) diários de cada ação são normalizados para o dia 1 de cada período de formação. Após serem determinados todos os retornos do período para todas as ações, foi calculada a medida *closeness* para cada par possível de ações.

O cálculo desta medida consiste na soma do quadrado das diferenças dos retornos normalizados de cada par, em cada dia do período de formação, conforme é possível observar na seguinte fórmula:

$$Closeness A, B = \sum_{t=1}^n \left(\frac{P_{Ai} + 1}{P_{A1}} + \frac{P_{Bi} + 1}{P_{B1}} \right)$$

Onde, $\frac{P_{Ai}+1}{P_{A1}}$ e $\frac{P_{Bi}+1}{P_{B1}}$ representam os retornos normalizados para cada dia, das ações A e B, respectivamente.

Utilizando o programa GnuOctave, foi obtida uma lista ordenada pela proximidade das ações no par, para todas as combinações possíveis de pares. O primeiro par da lista representa o par com menor medida *closeness*, isto é, o par constituído pelas duas ações com maior relação de proximidade entre os preços no período de formação, sendo o ultimo par aquele que tem maior medida *closeness*, e por isso menor relação de proximidade entre os preços no período de formação.

A figura seguinte ilustra a evolução dos retornos normalizados do primeiro par de ações (menor medida *closeness*) do período de formação 1.

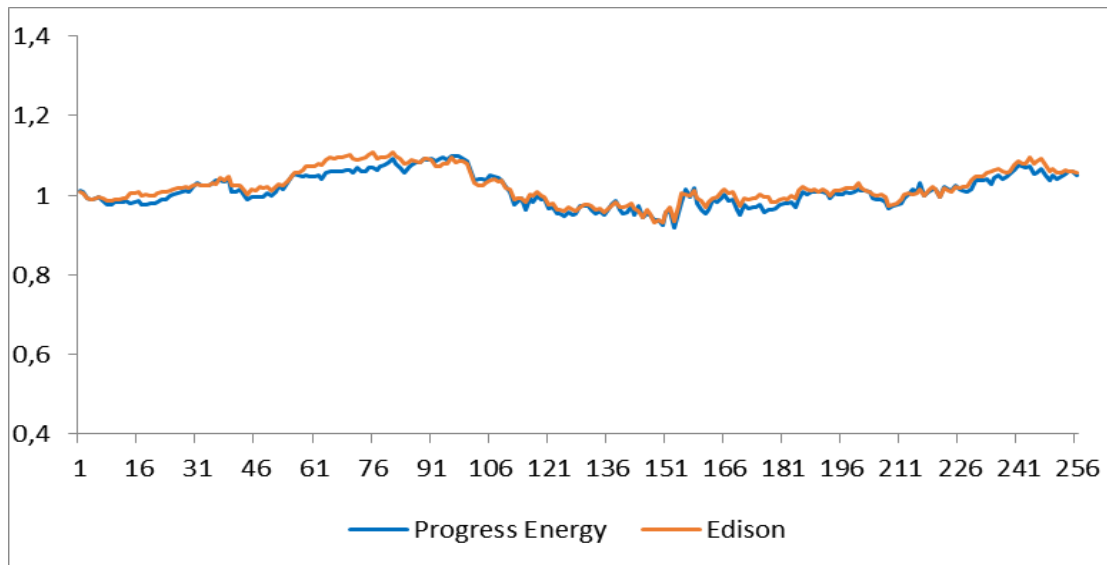


Figura 2 – Evolução dos retornos do par 1 no período de formação 1

Na figura acima é possível observar um exemplo do relacionamento entre duas ações no primeiro período de formação, compreendido entre janeiro e dezembro de 2007. Conforme é possível observar, as ações apresentam alterações

semelhantes entre os preços e, como tal, o par teve a medida *closeness* mais reduzida neste período.

4. Triggers

Conforme referido anteriormente, e seguindo a metodologia proposta por Gatev et al. (2006), uma posição é aberta sempre que os retornos normalizados das ações do par selecionado no período de formação, divergem mais do que dois desvios-padrão históricos, calculados no período de formação.

Conforme apresentado na fórmula abaixo, uma posição é aberta quando:

$$\left| \frac{P_{ai+1}}{P_{a1}} + \frac{P_{bi+1}}{P_{b1}} \right| > \pm 2 \times \text{Desvio - padrão} \left(\frac{P_{ai+1}}{P_{a1}} + \frac{P_{bi+1}}{P_{b1}} \right)$$

Seguindo o racional subjacente à estratégia de *pairs trading*, é aberta uma posição curta na ação que teve um aumento no seu preço relativo e uma posição longa na ação que teve uma diminuição no seu preço relativo.

A posição a assumir é definida através da seguinte metodologia:

Se $\frac{P_{ai+1}}{P_{a1}} > \frac{P_{bi+1}}{P_{b1}}$, abre-se uma posição longa em b e uma posição curta em a; e

Se $\frac{P_{ai+1}}{P_{a1}} < \frac{P_{bi+1}}{P_{b1}}$, abre-se uma posição longa em a e uma posição curta em b.

Na figura seguinte está representado o primeiro período de *trading* do par de ações representado na figura 3:

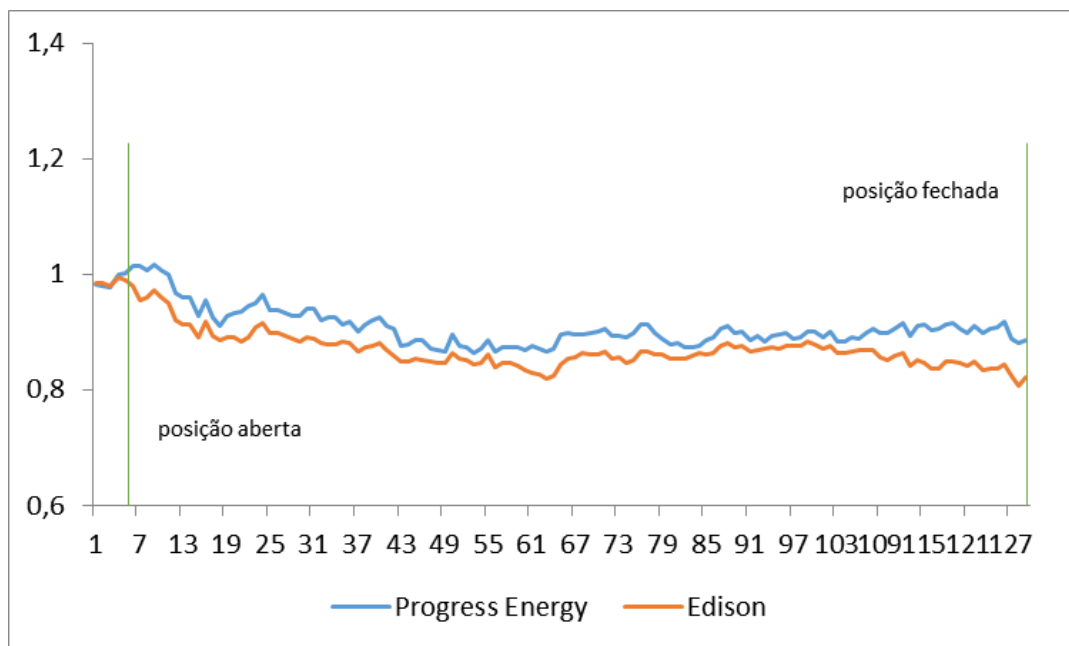


Figura 3 – Simulação do período de *trading* par 1

Na figura acima é possível verificar a simulação da estratégia, tendo originado apenas a abertura de uma posição em todo o período de *trading*. A posição é aberta no dia 6 e fechada no dia 129, dia em que o período de *trading* terminou. Neste caso, após a abertura da posição, os preços não voltaram a cruzar durante o período de *trading*. Este é um exemplo da abordagem seguida para todos os períodos de *trading* da amostra.

Antes de ser iniciado cada período de *trading* foi necessário adicionai uma restrição. Para cada um destes períodos foram excluídos todos os pares de ações constituídos por, pelo menos, uma empresa para a qual deixaram de existir dados no período de formação imediatamente anterior (por exemplo, por descontinuação da atividade). Por exemplo, se uma empresa que durante um período de formação, compreendido entre janeiro de 2009 e dezembro de 2009, tenha suspenso a sua atividade, os pares constituídos por esta empresa seriam retirados do período de *trading* compreendido entre janeiro e junho de 2010.

5. Cálculo do Retorno da Posição

De forma a calcular o retorno de cada posição aberta, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\left(\frac{P.abertura\ curta - P.fecho\ curta}{P.abertura\ curta} + \frac{P.fecho\ longa - P.abertura\ longa}{P.abertura\ longa} \right)$$

No cálculo dos retornos podem existir duas limitações relacionadas com o fecho das posições, nomeadamente:

- Quando um par de ações em que tenha sido aberta uma posição não fechar até ao final do período de *trading*, a posição é forçosamente fechada no último dia do período, com o preço correspondente a esse dia (conforme ilustrado na figura 3);

- Nos casos em que uma posição é aberta e que, posteriormente, uma das empresas do par deixe de estar ativa no mercado, a posição é fechada utilizando o preço do último dia em que a empresa esteve ativa.

Estas limitações visam seguir a metodologia utilizada por Gatev et al. (2006).

6. Introdução dos Preços *Bid* e *Ask*

Conforme referido anteriormente, todos os estudos apresentados e, consequentemente, os mais relevantes na literatura relacionada com a estratégia de *pairs trading*, utilizam preços de fecho no cálculo do retorno das posições. Esta prática significa que na simulação da estratégia, os autores utilizam o mesmo preço para comprar e vender ações. Contudo, é conhecido que não é desta forma que se compra e vende ações no mercado.

De facto, para transacionar ações no mercado os preços *bid* e *ask* são os preços utilizados para vender e comprar ações, respetivamente. Por esta razão, no

presente trabalho foram utilizados os preços *bid* e *ask* das ações selecionadas na amostra para o cálculo dos retornos das posições.

Adicionalmente, com a introdução dos preços *bid* e *ask* no presente estudo, deixa de ser necessário aguardar um dia para abrir e fechar as posições. Desta forma, assume-se que as posições são abertas e fechadas com as cotações reais verificadas no dia em que os preços normalizados cruzaram.

A utilização dos preços *bid* e *ask* de fecho foram utilizados para calcular os lucros/perdas das posições. Se apenas fossem utilizados os preços de fecho, as posições não poderiam ser abertas ou fechadas no dia exato uma vez que o mercado já estaria fechado. Esta limitação apenas poderia ser resolvida com a utilização de preços intradiários, possibilitando a abertura e o fecho das posições no momento exato em que o cruzamento ocorre. Contudo, e conforme referido anteriormente, os preços intradiários não estão disponíveis nas bases de dados utilizadas, para todo o período estudado. Para além disso, o cálculo dos retornos com a utilização dos preços intradiários seria um processo bastante longo e complexo de realizar.

Assim, utilizando os preços *bid* e *ask* de fecho e atendendo à limitação de que não é possível abrir e fechar posições após o encerramento do mercado, foi assumido que a abertura e o fecho das posições ocorrem no momento exato que o mercado abre no dia seguinte, utilizando os preços *bid* e *ask* de fecho do dia anterior. Este exercício pretende constituir uma abordagem mais prática e adequada à resolução do problema.

Com a utilização destas abordagens pretende-se aplicar a estratégia de *pairs trading* num contexto mais real e, conseqüentemente, próximo do que se verifica nos mercados.

Capítulo 3

Análise dos Dados

1. Análise Descritiva

1.1 Análise Geral dos Resultados da Estratégia

Através da utilização de 20 períodos de *trading* com a duração de 6 meses cada, simulou-se a estratégia de *pairs trading* para um período de 10 anos, compreendido entre janeiro de 2007 e dezembro de 2017.

No presente trabalho não são comparados os resultados obtidos com os resultados apresentados anteriormente. A principal razão prende-se com o facto de, conforme referido anteriormente, o objetivo do presente trabalho passar por simular e testar a estratégia de *pairs trading* de uma forma mais próxima do funcionamento real dos mercados. Adicionalmente, o período temporal analisado é diferente do período estudado no âmbito dos estudos abordados na literatura.

Assim, começou-se por selecionar os top 10 pares de ações sem qualquer restrição, conforme realizado por Gatev et al. (2006). Posteriormente, foram incluídas algumas modificações à estratégia de *pairs trading*, nomeadamente (i) introdução de preços *bid* e *ask* em vez dos preços diários de fecho, e (ii) simulação da materialização das transações com a utilização dos preços *bid* e *ask* verificados

no próprio dia (em detrimento de aguardar um dia para a abertura e fecho das posições).

Os resultados da implementação da estratégia são apresentados na tabela abaixo.

Top 10 pares	Estratégia
Retorno 6 meses (média)	6,69%
Retorno total	133,83%
Máximo	39,87%
Mínimo	-18,08%
Mediana	3,74%
Curtose	0,76
<i>Skewness</i>	0,75
Desvio-padrão	0,14
N.º Pares (média)	10
N.º transações (média)	13,20

Tabela 2 – Resultados da aplicação da estratégia

A partir da análise dos resultados apresentados é possível verificar um retorno semestral médio da estratégia de 6,69%. Embora o período temporal estudado e a metodologia adotada sejam diferentes do aplicado nos estudos referidos, verificamos que a rentabilidade obtida na nossa estratégia é significativamente inferior à rentabilidade referida nos estudos. Este facto pode naturalmente dever-se a diferentes razões, no entanto consideramos importante realçar dois fatores: 1) por um lado, como seria de esperar, a utilização das cotações *bid* e *ask* reduzem a rentabilidade da estratégia pelo facto de existir um diferencial face aos preços de fecho; e 2) por outro lado, o facto de terem sido utilizados os 10 pares mais correlacionados pode também ter influenciado a rentabilidade da estratégia (face aos 20 pares utilizados na literatura).

No período total da simulação da estratégia foi obtido um retorno máximo e mínimo de 39,87% e -18,08%, respetivamente.

Adicionalmente, e contribuindo como fator a realçar na aplicação da estratégia, é possível observar um desvio-padrão de 0,14, o que sugere um risco associado reduzido.

O valor obtido da curtose indica que a distribuição obtida é próxima de uma distribuição normal, embora ligeiramente mais alta e concentrada, sendo mais suscetível obter valores mais afastados da média. A análise torna-se mais interessante quando se analisa o valor da *skewness*, que indica que a distribuição apresenta uma cauda direita (valores acima da média) mais pesada do que a cauda esquerda (valores abaixo da média).

Por outro lado, e relativamente ao número médio de transações, verifica-se que este foi de 13,20 por período. Na prática, este dado significa que o número de cruzamentos (períodos de convergência/divergência) em cada par foi, em média, superior a 1, por período. Este resultado pode estar relacionado com o facto de terem sido selecionados os 10 pares historicamente mais correlacionados, constituindo uma evidência empírica que confere robustez ao racional subjacente à estratégia de *pairs trading*.

1.2 Análise dos Resultados Detalhados da Estratégia

De seguida é realizada uma análise detalhada dos resultados obtidos através da aplicação da estratégia proposta, de forma a compreender a origem dos retornos.

Assim, serão apresentados os resultados das transações positivas e negativas, bem como das transações que fecharam antes do último dia de *trading* do período e no último dia (transações forçadas a fechar).

Na tabela seguinte apresentamos os resultados detalhados:

Período de trading		Transações (global)		Transações positivas		Transações negativas		Transações que fecharam antes do último dia		Transações que fecharam no último dia	
Ano	Semestre	Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º
2008	1.º	-7,64%	17	29,93%	11	-37,56%	6	29,59%	7	-37,23%	10
	2.º	32,92%	19	54,32%	14	-21,39%	5	49,40%	11	-16,47%	8
2009	1.º	14,89%	13	39,56%	8	-24,67%	5	30,38%	5	-15,49%	8
	2.º	39,87%	20	59,94%	14	-20,07%	6	57,21%	12	-17,34%	8
2010	1.º	13,80%	13	23,79%	9	-10,00%	4	21,10%	6	-7,30%	7
	2.º	4,09%	10	14,23%	5	-10,14%	5	14,23%	5	-10,14%	5
2011	1.º	-1,29%	15	14,18%	7	-15,47%	8	13,04%	5	-14,33%	10
	2.º	19,61%	15	33,80%	10	-14,19%	5	30,67%	8	-11,06%	7
2012	1.º	-0,10%	16	20,10%	9	-20,19%	7	18,81%	7	-18,91%	9
	2.º	-2,84%	10	7,40%	6	-10,24%	4	4,62%	2	-7,46%	8
2013	1.º	-1,93%	11	9,03%	6	-10,96%	5	7,20%	4	-9,13%	7
	2.º	8,95%	13	15,68%	6	-6,73%	7	14,67%	5	-5,72%	8
2014	1.º	-6,39%	8	9,78%	5	-16,18%	3	6,64%	2	-13,03%	6
	2.º	7,34%	12	15,69%	8	-8,35%	4	13,57%	5	-6,24%	7
2015	1.º	17,92%	11	20,81%	10	-2,89%	1	16,03%	6	1,89%	5
	2.º	2,60%	11	13,43%	8	-10,82%	3	11,50%	6	-8,90%	5
2016	1.º	11,90%	17	18,76%	12	-6,86%	5	15,49%	7	-3,59%	10
	2.º	3,39%	10	14,17%	5	-10,78%	5	6,17%	2	-2,77%	8
2017	1.º	-5,18%	10	9,16%	6	-14,34%	4	6,28%	3	-11,46%	7
	2.º	-18,08%	13	7,42%	7	-25,50%	6	6,58%	5	-24,66%	8
Resultados (média)		6,69%	13,20	21,56%	8,30	-14,87%	4,90	18,66%	5,65	-11,97%	7,55

Tabela 3 – Resultados detalhados da aplicação da estratégia

A partir da análise da tabela acima é possível concluir que o número médio de transações positivas (8,30) é inferior ao número médio de transações negativas (4,90). Contudo, esta não é uma condição necessária para o sucesso da estratégia, sendo que o fundamental é que as perdas das posições negativas sejam compensadas pelos ganhos das posições positivas.

Adicionalmente, é possível verificar que o número médio de transações que fecharam antes do último dia (7,55) é superior ao número médio de transações que fecharam no último dia (5,65). Analisando os retornos, e conforme expectável, as transações que fecharam antes do último dia apresentam resultados positivos (18,66%) uma vez que o fecho da posição antes do último dia

do período de *trading* ocorre porque os preços normalizados das duas ações cruzaram, resultando em retornos positivos (exceto os pares constituídos por ações que tenham saído do mercado).

Por outro lado, verifica-se que o retorno das transações que fecharam no último dia é de $-11,97\%$. Este facto pode dever-se a diferentes factos, nomeadamente:

- 1) existem posições que são abertas perto do final do período de *trading* e não têm tempo para convergir, sendo fechadas com perdas;
- 2) existem posições abertas no início do período de *trading* cujos preços continuam a divergir e não convergem até ao final do período de *trading*; e
- 3) má identificação da correlação entre pares.

Algumas soluções simples para a falta de tempo para os pares convergirem, podem passar por (i) definir uma data limite no período de *trading* a partir da qual não são abertas novas posições, ou (ii) alargar/estender o próprio período de *trading*.

De seguida, serão analisados os resultados da estratégia tendo em consideração o momento de fecho das transações, nomeadamente o retorno das transações que fecharam no último dia e o retorno das transações que fecharam antes do último dia.

Período de <i>trading</i>		Transações que fecharam antes do último dia				Transações que fecharam no último dia			
Ano	Semestre	Positivas		Negativas		Positivas		Negativas	
		Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º	Retorno	N.º
2008	1.º	29,59%	7	0,00%	0	0,34%	1	-37,56%	9
	2.º	49,40%	11	0,00%	0	4,92%	3	-21,39%	5
2009	1.º	30,38%	5	0,00%	0	9,18%	3	-24,67%	5
	2.º	57,21%	12	0,00%	0	2,73%	2	-20,07%	6
2010	1.º	21,10%	6	0,00%	0	2,70%	3	-10,00%	4
	2.º	14,23%	5	0,00%	0	0,00%	0	-10,14%	5
2011	1.º	13,04%	5	0,00%	0	1,14%	2	-15,47%	8
	2.º	30,67%	8	0,00%	0	3,13%	2	-14,19%	5
2012	1.º	18,81%	7	0,00%	0	1,29%	2	-20,19%	7
	2.º	4,62%	2	0,00%	0	2,78%	4	-10,24%	4
2013	1.º	7,20%	4	0,00%	0	1,83%	2	-10,96%	5
	2.º	14,67%	5	0,00%	0	1,01%	1	-6,73%	7
2014	1.º	6,64%	2	0,00%	0	3,15%	3	-16,18%	3
	2.º	13,57%	5	0,00%	0	2,11%	3	-8,35%	4
2015	1.º	16,03%	6	0,00%	0	4,78%	4	-2,89%	1
	2.º	11,50%	6	0,00%	0	1,92%	2	-10,82%	3
2016	1.º	15,49%	7	0,00%	0	3,27%	5	-6,86%	5
	2.º	6,17%	2	0,00%	0	8,01%	3	-10,78%	5
2017	1.º	6,28%	3	0,00%	0	2,89%	3	-14,34%	4
	2.º	6,58%	5	0,00%	0	0,84%	2	-25,50%	6
Resultados (média)		18,66%	5,65	0,00%	0	2,90%	2,50	-14,87%	5,05

Tabela 4 – Resultados detalhados por momento de fecho das transações

Observando a tabela acima, é possível concluir que todas as transações que fecharam antes do último dia do período obtiveram retornos positivos. Esta é uma situação que seria de esperar uma vez que se a posição fechou é porque os preços convergiram (ou porque uma ação saiu do mercado – o que não foi o caso). Neste particular, observa-se que, em média, por período de *trading*, 5,65 transações fecharam antes do último dia de *trading*, com um retorno médio de 18,66%.

Relativamente às transações que fecharam no último dia do período, conclui-se que, em média, por período de *trading*, 2,5 transações fecharam com um

retorno médio de 2,90%. Este dado sugere que, em média, por período de *trading*, 2,5 transações poderiam estar a convergir.

Adicionalmente, podemos concluir que, em média, por período de *trading*, 5,05 transações fecharam no último dia com um retorno de -14,87%.

2. Neutralidade da Estratégia face ao Mercado

Conforme referido anteriormente, a estratégia de *pairs trading* é considerada por muitos autores, como Papadakis & Wysocki (2007), como uma estratégia neutra face ao mercado. Adicionalmente, Gatev et al. (2006) referem no seu estudo que a estratégia de *pairs trading* apresenta melhores resultados em períodos em que o mercado apresenta piores desempenhos. No seu estudo, Gatev et al. (2006) contataram que a sua estratégia teve um excelente desempenho quando o mercado dos Estados Unidos sofreu um severo declínio e que os resultados se mantiveram relativamente estáveis quando o mercado apresentou desempenhos excepcionais.

Por esta razão, no presente estudo é comparada a rentabilidade da estratégia proposta face ao índice S&P 500.

Na figura seguinte é possível a evolução da rentabilidade da estratégia e do S&P 500, para o período compreendido entre janeiro de 2008 e dezembro de 2017.

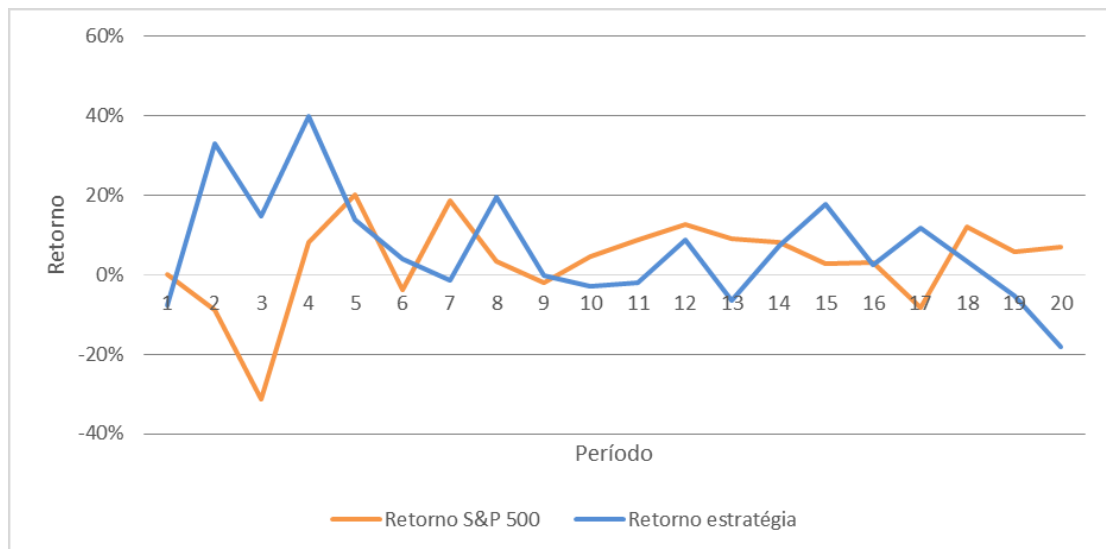


Figura 4 – Evolução da rentabilidade da estratégia e do S&P 500

Observando a figura acima é possível constatar que os retornos da estratégia proposta e do S&P 500 estão negativamente correlacionados. O coeficiente de correlação entre os retornos para o período analisado é de $-22,78\%$.

Apesar dos resultados obtidos, não se deverá concluir que a estratégia de *pairs trading* não é uma estratégia neutra face ao mercado uma vez que o período da amostra e o número de pares analisados são reduzidos.

Adicionalmente, observa-se que a estratégia apresentou os melhores resultados nos períodos em que o mercado apresentou piores desempenhos.

Capítulo 4

Discussão e Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo aprofundar, expandir e melhorar trabalhos desenvolvidos relacionados com a estratégia de *pairs trading*, como o de Gatev et al. (2006). O contributo centrou-se em aproximar o mais possível a estratégia de uma aplicação real, tendo em consideração o funcionamento dos mercados. Neste sentido, foram introduzidas as cotações *bid* e *ask* em vez dos preços diários de fecho, o que possibilitou 1) analisar a aplicabilidade da estratégia com os preços que se praticam no mercado em contexto de transação, bem como 2) contornar a limitação presente na literatura referente à necessidade de aguardar um dia para abrir e fechar as posições.

Com a aplicação da estratégia, a qual envolveu simulação de transações para 10 pares de ações, em cada um dos 20 períodos de *trading*, foi obtido um retorno médio semestral de 6,69%, retorno total de 133,83% e retornos máximo e mínimo de 39,87% e -18,08%, respetivamente.

Com o desenvolvimento do presente trabalho constata-se que, em geral, as estratégias de *pairs trading* apresentam bons desempenhos. Adicionalmente, observa-se que a estratégia apresentou os melhores resultados em dois dos períodos que incluíram a crise do *subprime*, tendo sido também entre 2008 e 2009 o período consecutivo em que a estratégia teve melhor desempenho.

Relativamente à neutralidade da estratégia face ao mercado, é possível constatar que existe uma correlação negativa de -22,78 % entre a rentabilidade da

estratégia e do índice S&P 500. No entanto, não se deverá concluir que as estratégias de *pairs trading* não são neutras face ao mercado, uma vez que o resultado obtido pode dever-se a limitações da dimensão da amostra (período e número de pares de ações).

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros de investigação seria importante analisar o desempenho da estratégia com a utilização de um maior número de pares e, consequentemente, analisar a rentabilidade dos pares por quartis. Apesar de terem sido utilizados os 10 pares com menor medida *closeness*, o facto de se ter obtido uma rentabilidade inferior às rentabilidades referidas na literatura pode sugerir que o número de pares utilizados na simulação da estratégia (top 10 pares vs. top 20 pares) pode influenciar a rentabilidade da estratégia de *pairs trading*. Assim, o aumento do número de pares na simulação da estratégia poderá permitir analisar os quartis mais rentáveis e, consequentemente, aprofundar o conhecimento sobre a estratégia de *pairs trading* e, se possível, melhorá-la.

Por outro lado, poderá também ser interessante analisar o desempenho da estratégia com a utilização de preços intradiários. Esta investigação permite testar a estratégia num contexto ainda mais realista, dado que a maioria das estratégias é aplicada através da utilização de computadores programados para a execução automatizada de ordens de transação.

Adicionalmente, e de forma a refinar a estratégia de *pairs trading*, será relevante analisar o seu comportamento através da implementação de alguns mecanismos que poderão ajudar a melhorar a eficiência da estratégia e torná-la mais robusta. Assim, poderão ser implementados mecanismos de *stop losses* e *stop gains* nas posições assumidas no mercado de diferentes tipos, nomeadamente a nível diário, por percentagem, ou ainda uma combinação de ambos. Outro exemplo de mecanismo poderá ser a aplicação de um número máximo de dias de posição aberta.

Por fim, e apesar de se assistir a um crescente surgimento de plataformas que permitem mitigar o peso dos custos de transação na rentabilidade de uma estratégia de *trading*, poderia também ser interessante simular os resultados da estratégia de *pairs trading* tendo em conta os custos de transação em vigor no mercado.

Bibliografia

Andrade, S. C., Chang, C. and Seasholes, M. S. 2004. *Uninformed Trading and Asset Prices*. Working paper: U.C. Berkeley.

Bodie, Z.; Kane, A. & Marcus, A. 2010. *Investments*. McGraw Hill.

Fama, E. F. 1965. The Behavior of Stock-Market Prices. *Journal of Business*.

Fama, E. F. & Blume, M. 1966. Filter Rules and Stock Market Trading Profits. *Journal of Business*.

Fama, E. F. 1969. *The Adjustment of Stock Prices to New Information*. *International Economic Review*, Vol. 10, No. 1.

Fama, E. F. 1970. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*, 25.

Figueiredo, L. 2017. *Pairs trading Aplicação da Distância Mínima*. Universidade Católica Portuguesa.

Gatev, E., Goetzmann, W. N., & Rouwenhorst, K. G. 2006. *Pairs trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule*: The Review of Financial Studies.

Ingersol, J. E. Jr. 1987. *Theory of Financial Decision Making*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, Inc.

Jegadeesh, N. 1990. Evidence of predictable behavior of security returns. *Journal of Finance*, 45: 881-898. Jegadeesh, N., and S. Titman 1993. Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. *Journal of Finance*.

Miao, G. 2014. High Frequency and Dynamic Pairs trading Based on Statistical Arbitrage Using a Two-Stage Correlation and Cointegration Approach. *International Journal of Economics and Finance*.

Papadakis, G., & Wysocki, P. 2007. *Pairs trading and Accounting Information*. Boston University School of Management: MIT Sloan School of Management.

Ribeiro, R. 2015. *Pairs trading: Strategy Refinements*. Universidade Católica do Porto.